Canadian Centre
for Occupational
Health and Safety

Centre canadien
d'hygiène et de
sécurité au travail

L'EXPOSITION AUX ULTRASONS EN MILIEU DE TRAVAIL

P90 - 3F

L'EXPOSITION AUX ULTRASONS EN MILIEU DE TRAVAIL

Bhawani Pathak
Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

Mars 1990

CCOHS/CCHST

91-01202/

L'EXPOSITION AUX ULTRASONS EN MILIEU DE TRAVAIL

Cette publication a été préparée à l'intention des comités d'hygiène et de sécurité et autres groupes ou individus désirant connaître et réduire les risques professionnels reliés au travail avec des ultrasons.

Chaque document produit par le CCHST est soumis à une série de révisions. Dans le cadre de ce processus de révision, on demande à des représentants des gouvernements, des employeurs et des travailleurs d'examiner les versions préliminaires des documents du CCHST et de juger de leur exactitude sur le plan technique et de leur lisibilité pour l'usager.

Le CCHST s'efforce de s'assurer que l'information qu'il distribue est exacte et exhaustive. Cependant, il est entendu qu'il ne se porte pas garant que ladite information est exacte et exhaustive et il ne sera tenu responsable d'aucun dommage ni d'aucune perte subis par suite de l'utilisation d'une information inexacte ou incomplète.

This publication is available in English under the title *Ultrasound Exposure in the Workplace*.

NUMÉRO DU CCHST P90-3F
ISBN 0-660-92965-1
NUMÉRO DE CATALOGUE MAS CC273-2/90-3F

Date de publication : 1990

250, rue Main est
Hamilton Ontario
L8N 1H6
416-572-2981
Télécopieur 416-572-2206

CCOHS CCHST

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	DESCRIPTION DES ULTRASONS	1
3.	UNITÉS DE MESURE	1
	Fréquence	1
	Niveau de pression	3
	Puissance	3
4.	SOURCES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE	3
	Ultrasons de grande puissance	3
	Ultrasons de faible puissance	5
5.	EXPOSITION AUX ULTRASONS	5
6.	INTERACTION DES ULTRASONS ET DE L'ORGANISME	7
	Chaleur	7
	Perturbation mécanique	7
	Cavitation	7
7.	EFFETS DES ULTRASONS SUR LA SANTÉ	7
	Exposition aux ultrasons propagés dans l'air	8
	Exposition aux ultrasons propagés dans les liquides et les solides	8
8.	MESURE DES ULTRASONS	10
	Ultrasons propagés dans l'air	10
	Ultrasons propagés dans les liquides et les solides	10
9.	LIMITES D'EXPOSITION	10
10.	FAÇONS DE RÉDUIRE L'EXPOSITION AUX ULTRASONS	10
11.	RÉSUMÉ	12
	LECTURES SUPPLÉMENTAIRES	13

CCOHS CCHST

1. INTRODUCTION

L'utilisation des ultrasons dans l'industrie, les recherches et la médecine est considérablement répandue. Les applications industrielles des ultrasons comprennent le nettoyage, la soudure, l'usinage par impact, le perçage, l'atomisation et l'essai des matériaux. L'exposition excessive à des ultrasons de forte intensité peut provoquer divers effets pathologiques.

Cette publication présente un résumé des effets pathologiques possibles de l'exposition professionnelle aux ultrasons et une description des méthodes servant à mesurer et à réduire l'exposition aux ultrasons en milieu de travail.

2. DESCRIPTION DES ULTRASONS

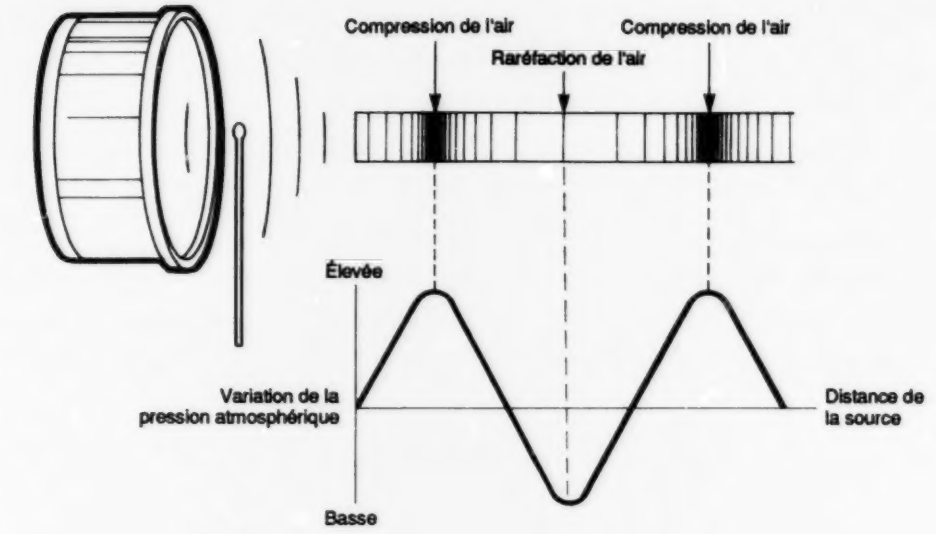
L'ultrason est une sorte de son inaudible. La seule différence entre l'ultrason et le son que nous entendons est la fréquence de vibration ou le nombre d'ondes que produit une source pendant une seconde. L'oreille humaine ne capte qu'une certaine gamme étroite de fréquences; les autres fréquences sont soit trop basses (infrasons), soit trop élevées (ultrasons). Par rapport à une source de sons audibles, une source d'ultrasons émet des vibrations à une fréquence par seconde de loin supérieure (voir la figure 1).

Les ultrasons peuvent traverser des gaz, des liquides et des solides. L'intensité diminue à mesure que les ondes ultrasonores s'éloignent de la source. Tout comme les ondes sonores, les ondes ultrasonores peuvent être absorbées, transmises ou réfléchies lorsqu'elles se heurtent à un milieu. Les matériaux impénétrables comme le contreplaqué et le plexiglas bloquent les ultrasons beaucoup plus efficacement que les sons audibles. Les ultrasons peuvent passer par de petites ouvertures.

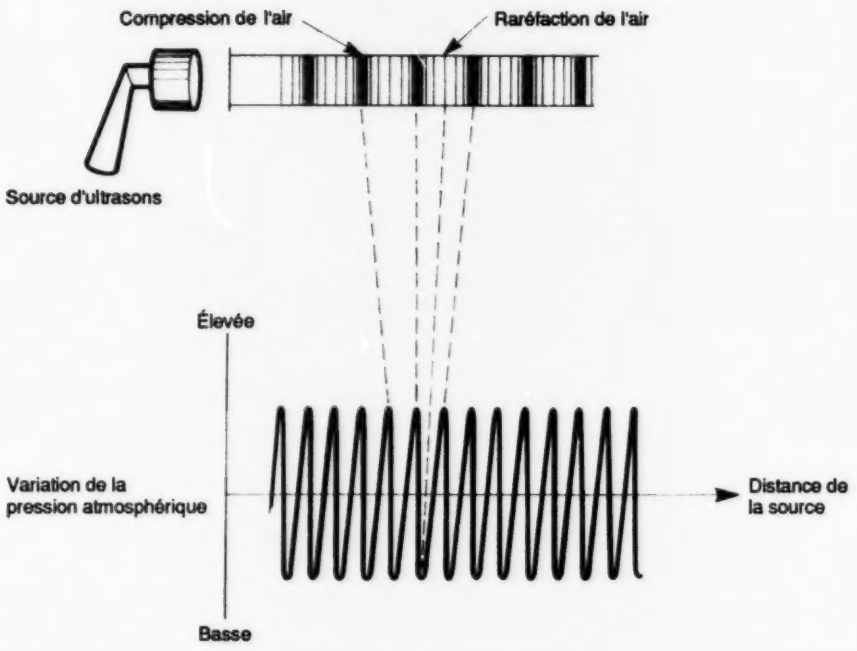
3. UNITÉS DE MESURE

Fréquence

On mesure la fréquence en unités de hertz (Hz). Un hertz est egal à un cycle par seconde, un kilohertz (kHz) correspond à mille hertz et un mégahertz (MHz) est égal à un million de hertz. La bande de fréquence des sons audibles est de l'ordre de 20 Hz à 20 kHz. La limite supérieure des audiofréquences varie d'une personne à l'autre. Pour la plupart des personnes, la limite d'audibilité des sons se situe à environ 16 kHz. Dans l'industrie, les appareils ultrasoniques fonctionnent à une fréquence de 16 kHz à 30 MHz environ.



a) Ondes sonores



b) Ondes ultrasonores

Figure 1 - Ondes sonores et ultrasonores

Niveau de pression

L'intensité des ultrasons est communément exprimée par des niveaux de pression acoustique en unités de décibels (dB). Le décibel est une échelle logarithmique qui mesure le rapport des fluctuations de pression dans l'air résultant du passage d'ultrasons relativement à une pression de référence.

Étant donné que l'échelle des décibels est logarithmique, il faut avoir recours à des techniques mathématiques spéciales pour ajouter ou soustraire des niveaux de décibels. Chaque fois que la pression acoustique est doublée, le niveau de pression sonore augmente de 6 dB. Chaque fois que l'énergie ultrasonore est doublée, le niveau de pression sonore augmente de 3 dB et chaque fois que l'énergie ultrasonore est décuplée, le niveau de pression sonore augmente de 10 dB.

Puissance

La puissance d'une source d'ultrasons est mesurée en watts (W). On mesure la quantité d'énergie ultrasonore qui traverse une aire en unités de watts par mètre carré (W/m^2) ou de watts par centimètre carré (W/cm^2). Il est commode d'exprimer la puissance des appareils ultrasoniques de faible puissance en unités de milliwatts (un millième de watt) ou en milliwatts par centimètre carré (mW/cm^2).

$1\ mW/cm^2 = 10\ W/m^2$
$1\ W/cm^2 = 1000\ mW/cm^2$

1. SOURCES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Les appareils aux ultrasons utilisés dans l'industrie entrent dans deux grandes catégories : les appareils de grande puissance et les appareils de faible puissance.

Ultrasons de grande puissance

Les appareils aux ultrasons de grande puissance sont utilisés dans les opérations de nettoyage, d'émulsionnement, d'érosion, d'extraction, de coupage, de soudure, de collage et de séchage. La plupart des appareils de grande puissance fonctionnent à des fréquences de 20 à 60 kHz. L'intensité varie sur une large gamme. Par exemple, les appareils de nettoyage et de dégraissage aux ultrasons ne produisent que quelques W/cm^2, tandis que les appareils de soudage des métaux produisent des milliers de W/cm^2. On trouvera au tableau 1 une liste des applications industrielles des sources d'ultrasons de grande puissance.

Tableau 1 - Applications des ultrasons de grande puissance

Applications	Fréquences (kHz)	Puissance
Nettoyage et dégraissage de pièces immergées.	18 à 100	Ordinairement inférieure à 10 W/cm^2; puissance maximale de 100 W
Brasage de deux surfaces sans fondant.	Autour de 30	2 à 200 W/cm^2
Soudage de plastique mou et rigide.	20 à 60	Ordinairement de 20 à 30 W/cm^2; puissance inférieure à 1000 W
Soudage de métaux semblables et dissemblables.	10 à 60	Jusqu'à 10 000 W/cm^2
Usinage rotatif, usinage par impact avec une boue abrasive; perçage par vibration.	Ordinairement 20	
Extraction de parfums, de jus et de substances chimiques de fleurs, de fruits et de plantes.	Environ 20	Environ 500 W/cm^2
Pulvérisation de combustible pour améliorer la combustibilité et réduire la pollution; dispersion des métaux fondus.	20 à 30 000	Jusqu'à 800 W
Galvanoplastie, pour augmenter la vitesse de placage et produire un dépôt plus dense et plus homogène.	Environ 27	30 W
Perforation de petits trous dans de la céramique, du verre et des semi-conducteurs.	Environ 20	Environ 150 W

Source : Repacholi, 1982 (voir la liste des lectures supplémentaires).

Ultrasons de faible puissance

Voici une description de quelques utilisations des appareils fonctionnant aux ultrasons de faible puissance :

- mesure des caractéristiques physiques et des dimensions d'objets sans causer de dommages matériels permanents (effet non destructif)
- mesure du débit et des caractéristiques physiques de liquides
- mesure des caractéristiques physiques de matériaux et détection de défauts techniques (défectoscopie)
- dispositifs de lutte contre les parasites et dispositifs antivol

La plupart des dispositifs aux ultrasons de faible puissance fonctionnent à des fréquences de l'ordre de mégahertz (mHz) et produisent des densités d'énergie de moins de 10 W/cm^2. Les dispositifs de lutte antiparasitaire et les dispositifs antivol fonctionnent à une gamme de fréquences de kilohertz (kHz).

Le tableau 2 présente certaines des applications industrielles des sources ultrasonores de faible puissance.

Les outils actionnés par des moteurs à grande vitesse peuvent émettre des ultrasons dans une large bande de fréquences. On désigne souvent ces ultrasons par le terme bande large ou ultrasons blancs.

Les hôpitaux utilisent les ultrasons en diagnostic, en thérapie et en chirurgie. Les fréquences des appareils de diagnostic s'étendent de 1 à 10 MHz. Les appareils servant à l'examen des yeux utilisent des fréquences plus élevées. Dans le cas des appareils de diagnostic, la densité de la puissance pondérée avec le temps est de plusieurs milliwatts par centimètre carré. Cependant, les intensités crêtes des impulsions de courte durée peuvent atteindre plusieurs centaines de watts par centimètre carré. L'intensité ultrasonore provenant des appareils thérapeutiques et chirurgicaux est beaucoup plus élevée que celle provenant des appareils de diagnostic

5. EXPOSITION AUX ULTRASONS

L'exposition aux ultrasons peut se produire dans l'air ou par contact physique direct avec un transducteur, des liquides ou des solides qui transmettent des ultrasons. Bien que l'exposition aux ultrasons propagés dans l'air soit la plus fréquente, seulement 0,1 pour cent de l'énergie ultrasonore propagée dans l'air et qui atteint la surface du corps peut pénétrer dans les tissus corporels internes. Le reste est réfléchi et retourné à la source. Les oreilles et les cheveux absorbent les ultrasons en plus grande quantité que les autres parties du corps. Les ultrasons propagés dans les liquides et les solides s'introduisent facilement par la peau dans les tissus humains. Par exemple, une personne qui plonge sa main dans un bain de nettoyage par ultrasons ou qui touche un transducteur ou un solide traversé par des ultrasons est beaucoup plus exposée que si elle ne fait que se tenir à proximité de ces dispositifs.

Tableau 2 - Applications des ultrasons de faible puissance

Applications	Fréquences
Mesure de débits de gaz, de liquides et de solides par l'observation des changements dans la fréquence des ultrasons.	1 à 10 MHz
Détermination des propriétés élastiques de matériaux par la mesure de la vitesse des ultrasons.	25 à 150 kHz
Détermination de la température par la mesure des changements dans l'affaiblissement ou la vitesse des ultrasons.	Jusqu'à 30 MHz
Mesure de l'épaisseur de matériaux par le calcul du temps que prend le faisceau d'ultrasons pour revenir à son point de départ.	2 à 10 MHz
Détermination de la pression par la mesure des changements dans la fréquence naturelle des cristaux de quartz.	0,5 à 1 MHz
Détection des fuites de gaz par le bruit ultrasonore.	36 à 44 kHz
Mesure des niveaux par l'observation du changement d'intensité et du temps de parcours d'un faisceau d'ultrasons.	Près de 100 kHz
Détection des défauts par l'observation de la discontinuité dans le faisceau réfléchi.	25 kHz à 25 MHz
Détection de la présence d'intrus par la réflection d'ultrasons qui activent un dispositif antivol.	18 à 50 kHz
Élimination des parasites par des sons non perceptibles par l'oreille humaine.	18 à 50 kHz
Détection de la présence et de la vitesse d'objets en mouvement par l'observation des changements dans les ultrasons réfléchis.	5 à 50 kHz

Source : Repacholi, 1982 (voir la liste des lectures supplémentaires).

6. INTERACTION DES ULTRASONS ET DE L'ORGANISME

Les ultrasons peuvent altérer les tissus humains en produisant de la chaleur ou en provoquant une perturbation mécanique ou la cavitation.

Chaleur

L'organisme absorbe l'énergie ultrasonore et la convertit en chaleur, ce qui augmente la température des tissus.

À la différence d'autres formes de chaleur, les ultrasons peuvent causer le réchauffement localisé d'une partie du corps. C'est le principe de l'ultrasonothérapie. Dans l'industrie, cette propriété est appliquée au soudage par ultrasons.

Perturbation mécanique

Les ultrasons dont l'intensité est suffisamment élevée peuvent exercer une force mécanique provoquant le déplacement, l'étirement, la torsion et le déchirement des tissus corporels. Cette propriété permet plusieurs types d'applications industrielles et médicales.

Cavitation

Puisque les ultrasons sont composés d'ondes mécaniques, ils se déplacent selon une séquence de zones de pression élevée et faible. Le cycle de faible pression peut causer la formation de bulles dans les liquides organiques. Durant le cycle de pression élevée, il se produit le collapsus des bulles. Ce processus s'appelle la cavitation. Il provoque un stress mécanique et produit de la chaleur.

7. EFFETS DES ULTRASONS SUR LA SANTÉ

Des études scientifiques ont démontré plusieurs effets différents chez des animaux et dans des systèmes biologiques exposés aux ultrasons. Les animaux et les êtres humains diffèrent en ce qui concerne la taille, la sensibilité aux ultrasons, l'efficacité du transfert énergétique au corps et les conditions d'exposition. À cause de ces différences, on ne peut utiliser les résultats de ces expériences animales pour tirer des conclusions nettes au sujet des effets des ultrasons sur la santé des personnes exposées.

Les chercheurs classent les effets pathologiques des ultrasons dans deux catégories, selon la nature de l'exposition. Il s'agit de l'exposition aux ultrasons propagés dans l'air et de l'exposition aux ultrasons propagés dans les liquides et les solides (par contact).

Exposition aux ultrasons propagés dans l'air

Les ultrasons propagés dans l'air pénètrent dans l'organisme beaucoup plus efficacement par les oreilles que par n'importe quelle autre partie du corps. Par conséquent, les oreilles sont les plus vulnérables aux effets des ultrasons. Des études sur l'acuité auditive de travailleurs industriels n'établissent pas de lien entre l'exposition aux ultrasons de niveaux de pression maximale de 110 à 120 dB et des pertes d'audition temporaires ou permanentes. Selon certaines études, les ultrasons peuvent masquer un son audible et nuire à la perception de sons de hautes fréquences (supérieures à 10 kHz).

Certaines personnes qui travaillent à proximité d'appareils fonctionnant aux ultrasons souffrent de fatigue, de maux de tête, de tinnitus (sensation de sonnerie de cloche ou de sifflement dans les oreilles), de nausée, d'irritabilité et de sensation de plénitude dans les oreilles. Les études semblent indiquer que ces effets se produisent à la suite d'une exposition à des ultrasons accompagnés d'un son audible. Les personnes souffrant d'un déficit auditif ne signalent pas ces effets dans la même mesure que les personnes dont l'acuité auditive est normale.

À des niveaux extrêmement élevés, les ultrasons peuvent causer des blessures corporelles. Par exemple, des niveaux de pression d'ultrasons propagés dans l'air de 152 dB environ peuvent causer la mort de rats et de cobayes en augmentant leur température corporelle. Des chercheurs estiment que l'exposition du corps entier à des niveaux de pression d'ultrasons propagés dans l'air de plus de 180 dB peut causer la mort de personnes. Ce niveau est considérablement plus élevé que les niveaux qui risquent de se produire dans le lieu de travail.

La figure 2 présente un résumé des effets pathologiques signalés chez des personnes et des animaux exposés à des ultrasons propagés dans l'air.

Exposition aux ultrasons propagés dans les liquides et les solides

Les liquides et certains solides peuvent transmettre efficacement une énergie ultrasonore aux tissus organiques. Il est dangereux de plonger les doigts ou les mains dans un bain de nettoyage par ultrasons ou de manier des objets qui transmettent des ultrasons avec des mains mouillées ou graisseuses. Des travailleurs ont signalé des irritations cutanées et des lésions cutanées localisées qui ressemblent à des contusions. Les effets légers sont réversibles et sans séquelles. Certaines études ont aussi établi un lien entre des ultrasons et une mauvaise circulation sanguine dans les mains entraînant un engourdissement et une plus grande sensibilité au froid.

En 1986, une étude russe (voir Pal'cev et al., dans la liste des lectures supplémentaires) a fait état des effets des ultrasons sur le personnel qui utilise des appareils aux ultrasons pour des procédés médicaux. Ces effets comprennent la perturbation de la circulation sanguine et de la régulation de la température dans les extrémités et des changements dans les os des mains des sujets étudiés. Des études sur des ultrasonothérapeutes (voir Lundstrom, liste des lectures supplémentaires) ont démontré une baisse de sensibilité aux vibrations, aux extrémités de l'index et du majeur.

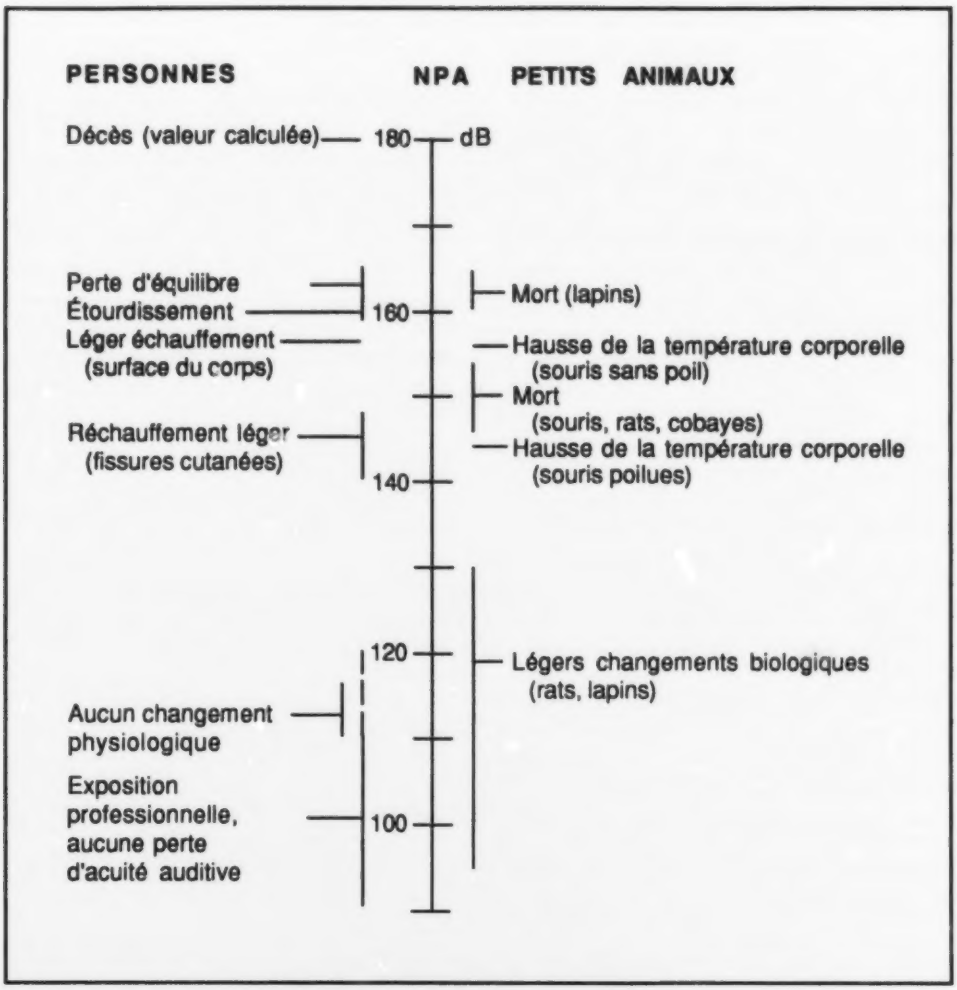


Figure 2 - Effets biologiques chez les personnes et les animaux exposés aux ultrasons propagés dans l'air (NPA = niveau de pression acoustique)

Source : Acton, 1974 (voir la liste des lectures supplémentaires).

Effets sur le foetus

Les ultrasons sont largement utilisés en médecine pour vérifier la croissance et le développement du foetus. Des études épidémiologiques n'ont pas démontré d'effets pathologiques dus à cette exposition.

Il n'existe pas de rapports publiés sur les effets, durant la grossesse, de l'exposition professionnelle aux ultrasons propagés dans l'air.

8. MESURE DES ULTRASONS

Il est plus compliqué de mesurer les ultrasons que le bruit en milieu de travail. Il existe plusieurs normes décrivant des méthodes de mesure du champ. Consultez les codes de sécurité 23 et 24 publiés par Santé et Bien-être social Canada ou communiquez avec le CCHST pour plus de renseignements.

Ultrasons propagés dans l'air

Il existe maintenant plusieurs sonomètres spéciaux qui peuvent mesurer l'énergie acoustique à des fréquences supérieures à 20 kHz. Ces appareils doivent pouvoir mesurer de façon précise la gamme des fréquences. Pour pouvoir établir des comparaisons avec les normes actuelles, il faudrait mesurer le niveau de pression ultrasonore en unités de dB pour des bandes d'un tiers d'octave. La mesure des niveaux ultrasonores nécessite certaines précautions particulières. Par exemple, le niveau peut être plus élevé dans une direction particulière ou il peut y avoir des zones de niveaux ultrasonores élevés et faibles à proximité de la source.

En milieu de travail, les sources ultrasonores produisent également des sons audibles. Pour pouvoir mesurer le niveau de sons audibles, le sonomètre doit comprendre un réseau filtrant A et un filtre qui élimine les fréquences ultrasonores.

Ultrasons propagés dans les liquides et les solides

La mesure des ultrasons propagés dans les liquides ou les solides est beaucoup plus compliquée et inexacte. On ne l'effectue généralement pas dans les enquêtes sur la santé professionnelle. Il existe deux types d'instruments, ceux qui mesurent l'intensité globale et ceux qui mesurent la puissance volumique dans de petites zones.

9. LIMITES D'EXPOSITION

Le tableau 3 présente un résumé des limites d'exposition professionnelle aux ultrasons propagés dans l'air proposées par un certain nombre de pays et d'organismes différents. En général, ces lignes directrices et ces normes préconisent des niveaux de pression acoustique maximaux de 110 dB à 115 dB pour des fréquences ultrasonores supérieures à 20 kHz.

10. FAÇON DE RÉDUIRE L'EXPOSITION AUX ULTRASONS

Puisque les ultrasons peuvent être dangereux, on devrait appliquer, dans les lieux de travail, des mesures de réduction pour maintenir le niveau d'exposition le plus bas possible par rapport aux limites acceptables. On propose les mesures de réduction suivantes :

- Ne confier l'opération des appareils qui fonctionnent aux ultrasons qu'aux employés qualifiés qui connaissent les dangers possibles de l'exposition aux ultrasons.

Tableau 3 - Limites d'exposition professionnelle aux ultrasons propagés dans l'air (pour une exposition totale aux ultrasons dépassant quatre heures par jour)

Fréquence médiane d'un tiers d'octave (kHz)+	Niveau de pression acoustique à l'intérieur d'une bande d'un tiers d'octave							
	Japon (1971)	Acton (1975)	URSS (1975)	USAF* (1976)	Canada (1981)	Suède (1978)	ACGIH++ (1989)	CIPR** (1984)
8	90	75			80			
10	90	75			80		80	
12,5	90	75	75	85	80		80	
16	90	75	85	85	80		80	
20	110	75	110	85	80	105	105	75
25	110	110	110	85	110	110	110	110
31,5	110	110	110	85	110	115	115	110
40	110	110	110	85	110	115	115	110
50	110		110		110	115	115	110
63								110
80								110
100								110

Mise à jour : OMS, 1982 (voir la liste des lectures supplémentaires).

\+ Les sonomètres peuvent mesurer l'énergie ultrasonore à l'intérieur de gammes de fréquences précises. La bande d'un tiers d'octave est une méthode normalisée pour répartir les fréquences ultrasonores dans de telles gammes ou bandes. Ces bandes sont caractérisées par leur fréquence centrale et sont associées à des limites de fréquences inférieures et supérieures précises (largeur de bande).

* USAF = United States Air Force

++ ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists

** IRPA = International Radiation Protection Association

- Éviter le contact direct avec des transducteurs à ultrasons.

- Afficher des panneaux d'avertissement dans les secteurs qui renferment des appareils aux ultrasons de grande puissance.

- Ne confier l'entretien des appareils aux ultrasons qu'aux personnes autorisées et qui connaissent les méthodes pour réduire l'exposition le plus possible.

- Utiliser des écrans acoustiques, des absorbeurs et des enceintes pour empêcher les ultrasons d'atteindre les travailleurs. Les matériaux impénétrables bloquent facilement les ultrasons propagés dans l'air.

- Porter des gants doublés de matière telle que la bourre ou la mousse, qui emprisonnent l'air pour protéger contre les contacts avec des ultrasons. La protection diminue à mesure que la doublure se détériore. Éviter les contacts directs avec des ultrasons propagés dans les liquides ou les solides.

- Porter des protecteurs d'oreille en présence d'ultrasons de forte intensité propagés dans l'air. Les protecteurs d'oreille courants offrent suffisamment de protection contre les fréquences ultrasonores utilisées en milieu de travail. Les bouchons d'oreille en caoutchouc et les serre-tête antibruit ont un effet d'affaiblissement de 14 à 20 dB. Les bouchons en mousse ont un effet d'affaiblissement de 26 à 32 dB parce qu'ils s'ajustent mieux dans le conduit auditif et préviennent mieux les fuites.

- Enseigner aux employés les méthodes de travail sûres et les informer des dangers possibles des appareils aux ultrasons.

11. RÉSUMÉ

Les effets pathologiques des sources industrielles d'ultrasons de grande puissance sont mal documentés. Certaines études signalent que des travailleurs ont éprouvé certains symptômes comme l'agacement, la fatique et les sautes d'humeur. Ces effets peuvent être dus aux sons audibles qui accompagnent les ultrasons. Les oreilles sont particulièrement sensibles aux ultrasons propagés dans l'air. Les protecteurs d'oreille courants assurent une protection adéquate.

Les recherches sur les effets de l'exposition professionnelle aux ultrasons de forte intensité sont peu concluantes. En milieu de travail, on devrait faire preuve de prudence tant que l'on ne connaîtra pas mieux les dangers des ultrasons. Cette précaution s'applique particulièrement aux femmes enceintes. La formation est extrêmement importante pour sensibiliser les travailleurs aux dangers possibles de l'exposition aux ultrasons. Les méthodes de réduction techniques et les pratiques de travail sûres sont les façons les plus efficaces de réduire le plus possible l'exposition des travailleurs.

LECTURES SUPPLÉMENTAIRES

Acton, W.I. et al. Auditory and subjective effects of airborne noise from industrial ultrasonic sources. British Journal of Industrial Medicine. Vol. 24, no. 4 (1967) p. 297-304.

Acton, W.I. The effects of industrial airborne ultrasound on humans. Ultrasonics. Vol. 12, no. 3 (1974) p. 124-128.

Biological effects of ultrasound: mechanisms and clinical implications: recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP report No. 74. Bethesda, Md.: National Council on Radiation Protection and Measurements, 1983.

Enquête nationale sur les dispositifs émettant un rayonnement non ionisant. Partie 2, Dispositifs à ultrasons. Ottawa : Santé et Bien-être social Canada, 1980.

Grzesik, J. et al. Dynamics of high-frequency hearing loss of operators of industrial ultrasonic devices. International Archives of Occupational and Environmental Health. Vol. 57, no. 2 (1986) p. 137-142.

Interim guidelines on limits of human exposure to airborne ultrasound. Health Physics. Vol. 46, no. 4 (1984) p. 969-974.

Les ultrasons. (Critère d'hygiène de l'environnement n° 22) Genève : Organisation mondiale de la santé, 1982.

Lundstrom, R. Effects of local vibration transmitted from ultrasonic devices on vibrotactile perception in the hands of the rapists. Ergonomics. Vol. 28 (1985) p. 793-803.

Pal'cev, Ju. P. et al. Gigiena truda i sostojanie zdorov'jai medicinskogo personala, rabotajuscego s lazernoj i ul'trazvukovoj apparaturoj. Gigiena Truda i Professional'nye Zabolevanija. No. 10 (Oct. 1986) p. 27-31.

Principes d'utilisation des ultrasons. Partie 1, Applications médicales et paramédicales. (Code de sécurité 23) Révisé en 1987. Ottawa : Santé et Bien-être social Canada, 1980.

Principes d'utilisation des ultrasons. Partie 2, Applications industrielles et commerciales. (Code de sécurité 24). Ottawa : Santé et Bien-être social Canada, 1980.*

Repacholi, M.H. Les ultrasons : caractéristiques et action biologique. Ottawa : Conseil national de recherches du Canada, 1982.

Wiernicki, C. et al. Ultrasound: biological effects and industrial hygiene concerns. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 46, no. 9 (1985) p. 488-496.

*En cours de révision